Intelligent Force Sensor

回路内蔵センサ本体

取扱説明書

ニッタ株式会社
ＲＥＴＳ事業部
センサーグループ

5977j1.0

目次

第１章　　センサの概要 3
第２章　　組み付け 4
　センサの装着 4
　　ボルトの締付トルク 4
　　装着面 5
　ケーブルの配線 6
第３章　　電気的インターフェース 7
　デジタル出力 7
　センサケーブル 7
　アナログ出力 9
　接地 10
　レシーバシステム 10
第４章　　キャリブレーション行列 11
　デジタル出力センサ 11
　アナログ出力センサ 11
　行列の計算 12
　デカップリングのためのサンプルプログラム 12

第１章　センサの概要

本力覚センサは、アナログおよびデジタル電子回路を内蔵したアルミニウム削りだし構造のセンサです（特注によりステンレス、チタン製のものもあります)。力を検出する手段として金属箔歪ゲージを使用しています。歪ゲージの信号は増幅された後にアナログ演算処理によって３方向の力と３方向のモーメントに換算されます。標準的な製品ではこれらのデータはセンサ本体の中でデジタル化処理がなされます（デジタル化する前のアナログ出力を持つセンサも製作することも可能です)。

センサのサイズは、力やモーメント、装着する位置の形状などによって選択します。巻末にセンサの図面や仕様を添付しています。

標準センサの座標系は、センサ本体の面方向にＸおよびＹ軸が、面に垂直な方向にＺ軸が配置されています。すべての負荷データの原点はセンサの幾何学的中心にあります。センサをロボット側から見た場合、力およびモーメントは右手系にしたがいます。逆にツール側から見たときには左手系になります。

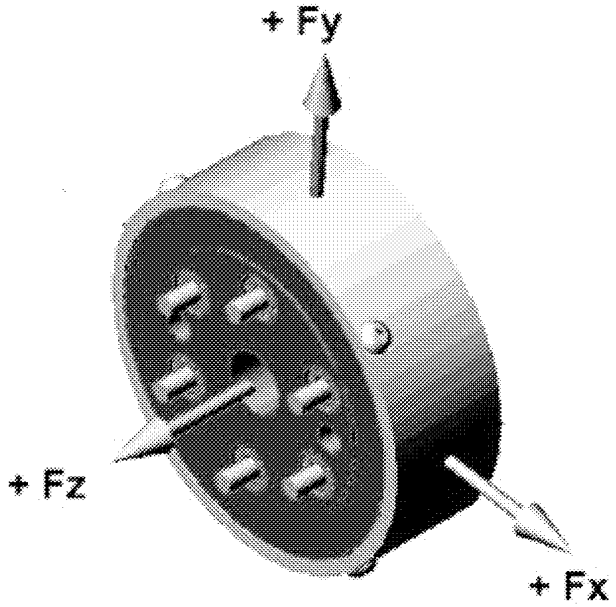


図１－１　ロボット側から見たセンサの座標軸

第２章　組み付け

この章ではセンサの一般的な装着方法について説明します。センサのアプリケーションは広範囲にわたるため、各々の具体的なアプリケーションに対して詳細に説明することはできません。詳細な情報が必要とされる場合には、弊社に御連絡ください。

センサの装着

注意：本センサは精密測定装置であり、装着時に適切な注意を怠ると破損するおそれがあります。

購入いただいたセンサの定格や取付ボルトパターンについての情報は、センサの仕様書や図面を参照してください。センサの図面にはセンサの軸の位置も示しています。お望みの方向に座標軸を合わせてセンサを取り付けてください。低定格のセンサの場合には、特に取り扱いに注意をしてください。

標準的なセンサでは取り付けにボタンヘッドのキャプティブボルトを使用しています。センサのツール側のボルト穴を通して付属の六角レンチを使ってキャプティブボルトを締め付けます。**一度に一つのボルトを強く締め付けないでください。**多くの場合、これらのボルトは、センサ内に収納されているときでもセンサから突き出ています。これらのボルトを一度に締め付けると、センサが損傷する可能性があります。
センサの装着面がその取り付けられる面にフラットに接触するまでは、各々のボルトは、一度に数回ずつまわし、それから次のボルトに移ってください。ボルトを順に締め付けるときには、一つのボルトを締め終わったら次にはその対角のボルトを締めるようにしてください。推奨トルクになるまで２段階以上に分けてボルトを締め付けます。

ボルトの締付トルク

最もよく使われるボルトサイズに対するヘッドに損傷を与えないボルトメーカ推奨の締付トルクを表に示します。これらの値は、標準センサに使われるボタンヘッドのキャプティブボルトに対するもので、他のタイプのボルトに対しては異なった値になります。センサの取付ボルトは、この表の値およびその定格トルクの小さい方の値で締め付けることを推奨します。**ツール側のボルトを締め付けるときには、センサの力とモーメントの定格を確認してください。**ソフト上で設定されたフルスケールではなく、センサの機械的な定格に

従ってください。センサのツール側の取付ボルトを締めるときには、センサに力とモーメントが加わります。センサのツール側の取付ボルトを締め付けるときにはセンサの力とモーメントの定格を越えないように注意してください。

Size & Pitch	Recommended Tightening Torque
4-40	7 inlb
6-32	12 inlb
8-32	23 inlb
10-24 10-32	45 inlb
1/4-20 1/4-28	100 inlb
5/16-18 5/16-24	190 inlb (16ftlb)
3/8-16 3/8-24	300 inlb (25ftlb)
½-13 ½-20	1000 inlb (83ftlb)

Size & Pitch	Recommended Tightening Torque
M3x.5	1.25 Nm (11 inlb)
M4x.7	2.9 Nm (25 inlb)
M5x.8	5.9 Nm (52 inlb)
M6x1.0	10 Nm (88 inlb)
M8x1.25	24 Nm (210 inlb)
M10x1.5	48 Nm (425 inlb)
M12x1.75	84 Nm (740 inlb)
M16x2.0	207 Nm (1800 inlb)

図２－１　センサ取付ボルトのトルク値

装着面

センサの表面は極めてフラットになるように精密に機械加工されています。センサが取り付けられるプレートやフランジはできる限りフラットにする必要があり、0.0005 ｲﾝﾁ(0.0127mm)以下が理想的です。センサはより小さなサイズを目指しているために、取付表面の境界条件に敏感です。そのため取付表面は加えられる負荷に対して十分に剛性を有するものであることが必要です。下の表に示した取付プレートの厚みは一般的な場合の推奨値です。使用条件によりさらに厚いプレートが必要になったり、さらに薄いプレートを使用できることもあります。

Sensor Fx, Fy Load Rating in pounds	Aluminum Plate Thickness	Steel Plate Thickness
15	1/2"	3/8"
25	1/2"	3/8"
50	3/4"	1/2"
100	7/8"	5/8"
250	1 1/4"	7/8"
500	1 1/2"	1"

図２－２　取付プレートの推奨厚み

センサを装着、あるいはある装置をセンサに装着するときには、センサ以外の部分を負荷が逃げるような取り付け方をしないで下さい。センサの”ツール”側または”負荷”側に取り付けられた部分がセンサの”ロボット”側または”固定”側の、またはセンサのプロテクトキャンに接触しないようにする必要があります。このような場合、負荷の一部がロボット”側または”固定”側に逃げてしまい、正しい測定ができなくなります。

センサのプロテクトキャンとツール側または負荷側のセンサ表面との間には小さな隙間があります。この隙間に物が挟まらないようにしてください。何かが挟まっていると、負荷の一部が逃げるため正確にその負荷を測定できなくなります。この隙間に流体や粉末等が入るような環境でセンサが使用されるときにはベローズや柔らかいブーツの使用をおすすめします。

ケーブルの配線

ケーブルは機械類の動きを阻害しないように配線する必要があります。ケーブルが引っ張られていたり、つぶされていたり、過度に捻られることの無いようにしてください。ケーブルを曲げる必要のある場合には、１ヶ所で曲げるよりもループ状に広げて配線してください。

第３章　電気的インターフェース

回路内蔵タイプのセンサは、数種のレシーバシステムに接続できます。
いくつかの機種ではアナログ出力仕様の製作も可能です。

デジタル出力

センサの出力は、独自のプロトコルのシリアル同期通信でレシーバ電子回路にデータを送ります。アナログ信号回路、Ａ／Ｄ変換器などがセンサに内蔵されており、金属製のセンサ本体によって電磁シールドされています。６軸データはすべて、８ｋＨｚの転送速度でレシーバに転送されます。一部のモデルでは転送速度の異なる特殊仕様になっています。

データのパケットには、センサの電源電圧をモニタするフィードバック信号、センサ特性やキャリブレーションに関する情報も含まれています。センサからキャリブレーションデータを転送しているため、レシーバボードはどのセンサにも使用できます。電源電圧をフィードバックして電源電圧を制御しているため、センサケーブル内のワイヤが細くあるいは長くても電圧低下を心配する必要はありません。センサの電源や信号データはスリップリングを使って送ることも可能です。

標準のデジタル出力センサは、センサのモデルに応じて、６ピンのＲＪ-１１か８ピンのＲＪ-４５モジュラージャックを使用しています。特別仕様の場合には、他のコネクタを使用することがあります。ＲＪ-１１やＲＪ-４５以外のコネクタの詳細についてはセンサ付属の仕様書を参照してください。

センサケーブル

標準のセンサケーブルは、ＲＪ-１１（６ピン）またはＲＪ-４５（８ピン）モジュラープラグ付きのフラットモジュラーケーブルです。このフラットモジュラーケーブルが使われていないときにはセンサ付属の資料を参照ください。

デジタルセンサでは、クロスモジュラーケーブルを使用しています。この呼称は、混乱や誤解の原因となっています。下記に６線モジュラーケーブルの両端部における線配置を示して、ケーブル配線を定義します。（一部線色の異なる場合がありますが、配線は同じです。）８ピンケーブルは２線が加わっただけで６ピンケーブルと同じです。ケーブルの端部

のどちらかがセンサかレシーバ／プロセッサに接続できます。センサとレシーバ／プロセッサではピンの順序が反転していることに注意してください。

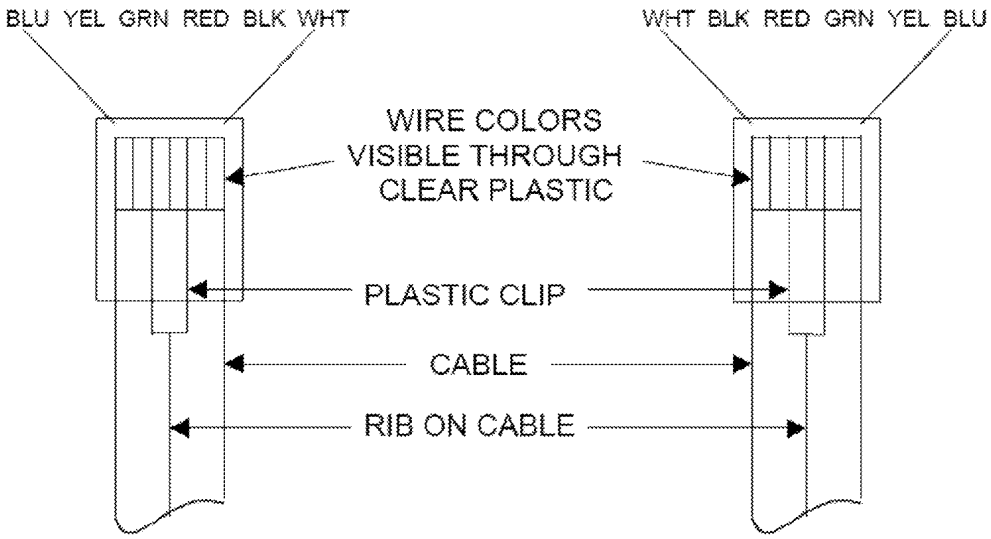
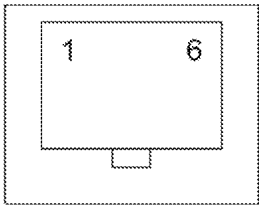
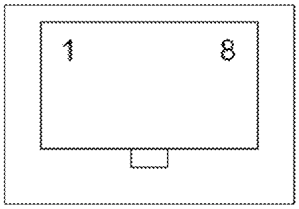


図３－１　６ピンセンサケーブル

センサはモデルによって６ピン、８ピンか１０ピンのモジュラージャックのいずれかを使用します。レシーバには、６ピン、８ピンあるいは１０ピンでも接続できるように設計された１０ピンのモジュラージャックが使われています。６ピンプラグがその１０ピンプラグに差し込まれるときには、中央の６ピンのみが使用されます。６ピンプラグの両側には各々使用されない２ピンのジャックがあります。同様に８ピンプラグの場合には各々の側で１つのジャックが未使用になります。



6 pin Sensor Jack



8 pin Sensor Jack

PIN	SIGNAL
1	DCLK +
2	DCLK -
3	+ ~ 8 V
4	PWR COM
5	DATA +
6	DATA -

PIN	SIGNAL
1	- 12 V
2	DCLK +
3	DCLK -
4	+ ~ 8 V
5	PWR COM
6	DATA +
7	DATA -
8	+ 12 V

図３－２　センサモジュラーコネクタピン配置

中央の６本のピンに対しては各々の機能は番号がちがっても同じであることに注意してください。このようなピン配置を使用することにより６ピンのセンサでも８ピンのセンサでも同じレシーバに接続が可能になります。

アナログ出力

通常のアナログ出力仕様センサはＤＥ－９Ｐコネクタを採用しています。特殊なセンサでは他のコネクタを使用することがありますが、それらについては付属の仕様書をご参照下さい。

アナログ出力電圧は通常±５Ｖまたは±１０Ｖの範囲で出力されます。アナログ出力に対してはセンサに添付されているキャリブレーション行列を用いて演算処理を行ってください。４章にその方法について詳しく記載されています。デジタル出力のセンサではレシーバボードで自動的にその演算が行われます。

PIN	SIGNAL
1	Fx
2	Fy
3	Fz
4	Mx
5	My
6	Mz
7	+ power
8	– power
9	power and signal common

図３－３　ＤＥ－９Ｐコネクタピン配置

接地

本製品は微弱な電気信号を取り扱うシステムですので、不適切な接地は問題の原因となります。レシーバとセンサが取り付けられている装置は共通のグラウンドに接続してください。センサの近傍に強力なノイズ源があるような環境では、センサの取付面とレシーバを強力なグラウンドで接続したり、別のセンサケーブルを使用することによりノイズを軽減出来ることがあります。

レシーバシステム

シリアルデータ出力を有する本センサでは、数種類のレシーバを使用することができます。それらの回路はセンサからシリアルデータを受け取り、種々の形態でセンサ負荷データを出力します。

第４章　キャリブレーション行列

すべての多軸力覚センサは、ある程度のクロスカップリング（軸間の干渉）をもっており、力やモーメントがある一軸方向に負荷されるときに、その他の軸の出力に影響を及ぼします。本センサは各々の軸に負荷を与えてキャリブレーションされています。キャリブレーションデータはキャリブレーション行列およびデカップリング行列を求めるために使用され、出力電圧を工学単位つきの力やモーメントに変換するのに用います。

デジタル出力センサ

標準仕様のデジタル出力センサでは内蔵された EEPROM に行列を記録しています。センサがレシーバに接続されると、データは最初の数秒間で自動的にダウンロードされます。それ以後レシーバはセンサからの出力データに行列演算を行ないます。

アナログ出力センサ

アナログ出力仕様のセンサにはキャリブレーション行列の記載された仕様書が添付されています。特殊な仕様のセンサでは２種類以上の行列が添付される場合もあります。
６ｘ６キャリブレーション行列に６軸の出力電圧をかけることによって仕様書に記載された単位での力とモーメントを算出することが出来ます。

$$\begin{matrix} Fx \\ Fy \\ Fz \\ Mx \\ My \\ Mz \end{matrix} \begin{bmatrix} A_{1,1} & A_{1,2} & A_{1,3} & A_{1,4} & A_{1,5} & A_{1,6} \\ A_{2,1} & A_{2,2} & A_{2,3} & A_{2,4} & A_{2,5} & A_{2,6} \\ A_{3,1} & A_{3,2} & A_{3,3} & A_{3,4} & A_{3,5} & A_{3,6} \\ A_{4,1} & A_{4,2} & A_{4,3} & A_{4,4} & A_{4,5} & A_{4,6} \\ A_{5,1} & A_{5,2} & A_{5,3} & A_{5,4} & A_{5,5} & A_{5,6} \\ A_{6,1} & A_{6,2} & A_{6,3} & A_{6,4} & A_{6,5} & A_{6,6} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} V_{FX} \\ V_{FY} \\ V_{FZ} \\ V_{MX} \\ V_{MY} \\ V_{MZ} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Load_{FX} \\ Load_{FY} \\ Load_{FZ} \\ Load_{MX} \\ Load_{MY} \\ Load_{MZ} \end{bmatrix}$$

CALIBRATION MATRIX　　OUTPUT VOLTAGE VECTOR　　CALIBRATED LOADS IN ENGINEERING UNITS

行列の計算

行列の計算はレシーバで自動的に実行されますが、手計算でも行えます。一例として、デカップルされキャリブレートされたＦｘ負荷を生のアナログ電圧を使って求めるには、Fx row ($A_{1,n}$)にボルト単位のアナログチャンネル出力を掛け合わせます。

$$(A_{1,1} \times V_{FX}) + (A_{1,2} \times V_{FY}) + (A_{1,3} \times V_{FZ}) + (A_{1,4} \times V_{MX}) +$$
$$(A_{1,5} \times V_{MY}) + (A_{1,6} \times V_{MZ}) = Load_{FX}$$

他の軸に対する負荷を求めるのも同様の手順操作で行うことができます。

デカップリングのためのサンプルプログラム

デカップリング行列計算をするための簡単な Pascal プログラムを示します。この手順は他のプログラミング言語でも簡単に実行できます。

```
TYPE
    matrix = ARRAY[0..5,0..5] OF real;
    vector = ARRAY[0..5] OF real;

PROCEDURE mult (mat : matrix; vecIn : vector ; VAR vecOut : vector) ;
VAR
    row : integer ;
    col : integer ;

BEGIN
    FOR row := 0 TO 5 DO
        BEGIN
            vecOut [row] := 0 ;
            FOR col := 0 to 5 DO
                vecOut [row] := veOut [row] + vecIn [col] * mat [row, col] ;
        END;
END;
```